

ICS 77.040.99  
CCS H 22

T/CNIA

团 体 标 准  
T/XXX XXXX—XXXX

# 汽车用铝合金板、带材铆接适用性测试方法

Test method for suitability of riveting of aluminum alloy plates and strips for automobiles

送审稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国有色金属工业协会  
中国有色金属工业学会

发布



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：



## 汽车用铝合金板、带材铆接适用性测试方法

### 1 范围

本文件描述了测试汽车用铝合金板、带材（以下简称“板、带材”）铆接适用性的方法。本文件适用于汽车车身内、外板用铝合金板带、材铆接适用性的测试。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 8005.1 铝及铝合金术语 第1部分：产品及加工处理工艺

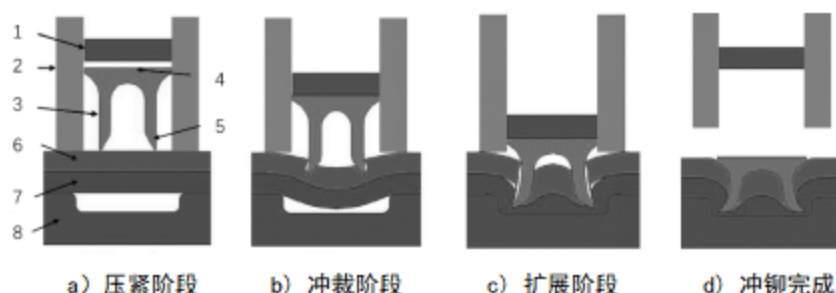
GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

### 3 术语和定义

GB/T 8005.1界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 方法概述

自冲铆接（Self-piercing Rivet，以下简称 SPR）是铆钉在外力作用下，穿透上层板，同时在凹模空腔形貌的引导下，向外扩展并推动底层材料塑性流动，最终在铆钉与底层材料之间形成一个相互镶嵌的塑性互锁，这一过程称为自冲铆接。通过观察铆点外观形貌、剖面形貌，以及铆接强度测试，以评价自冲铆接铆点合格性及连接质量，从而评定产品的铆接适用性。图 1 给出了铆接工艺过程示例。



标引序号说明：

- 1—冲头；
- 2—压边圈；
- 3—铆钉；
- 4—钉帽；
- 5—钉脚；
- 6—上层板；
- 7—下层板；
- 8—底模。

图 1 自冲铆接过程示意图

### 5 材料

#### 5.1 板材

铝板，用于进行铆接，下板厚度应不小于上下板后总厚度的三分之一，并且下板厚度不小于0.7mm。板材延伸率 $\geq 12\%$ 以上。

## 5.2 铆钉

铆钉，用于实现板材铆接的紧固件。材质宜为钢，表面宜进行镀锌处理，形状多为平头铆钉，如图2所示。直径为 $\Phi 3.3\text{mm}$ 、 $\Phi 4.3\text{mm}$ 和 $\Phi 5.3\text{mm}$ ，直径允许偏差应不大于 $\pm 0.05\text{mm}$ 。铆钉长度 $L$ 根据板材厚度参见公式（1）进行选择：

$$L=T+0.617d-0.1246\dots\dots\dots(1)$$

$T$ —上下板的总厚度，单位为毫米（mm）；

$d$ —铆钉直径，单位为mm。

计算结果保留整数，对于 $\Phi 3.3$ 的铆钉长度小数点后数字舍去，对于 $\Phi 4.3$ 和 $\Phi 5.3$ 的铆钉长度小数点后数字只入不舍）。



图2 铆钉图示

## 5.3 底模

根据不同的材料组合，选用不同的模具类型，常见模具类型有凸点底模[见图3a)]、平底底模[见图3b)]和非标定制底模。



图3 底模类型图示

## 6 仪器与设备

### 6.1 自冲铆接机

自冲铆接机由C形钳体、铆接系统、控制系统、动力系统和其他辅助装置组成。压力不小于50kN。

### 6.2 力学性能试验机

符合GB/T 16865的要求，最大载荷不小于10kN。

### 6.3 体视显微镜

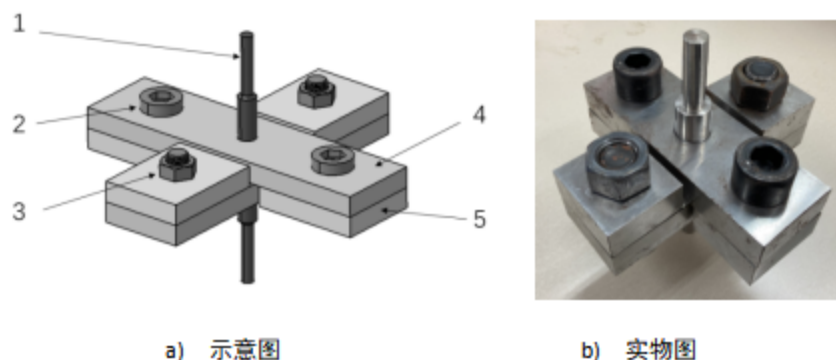
放大倍数5倍。

### 6.4 切割机

用于锯切铝合金样坯。

### 6.5 十字拉伸试验夹具

可夹持十字拉伸试样的四个端头，见图3。



标引序号说明：  
1—夹持杆；  
2—螺栓；  
3—螺母；  
4—大夹持块；  
5—小夹持块。

图4 十字拉伸模具图示

## 7 试样

### 7.1 样坯

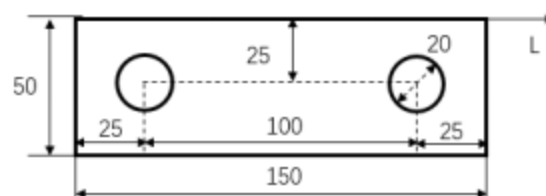
采用切割机从板、带材上切取符合表1要求的样坯（如图5所示），样坯表面应洁净，无油污和杂质。

表1 不同试验项目样坯要求

试验项目	样坯尺寸 mm
外观形貌检查	$50.0 \times 50.0 \cdot t^2$
剥离试验、抗剪拉伸试验、十字拉伸试验	$150.0 \times 50.0 \cdot t^2$

$t^2$  为产品厚度。

单位为毫米



标引序号说明：  
L—产品纵向。

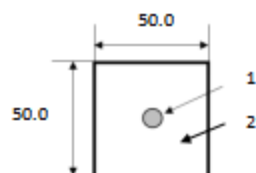
图5 十字拉伸试验样坯图示

### 7.2 试样制备

#### 7.2.1 外观形貌检查试样

7.2.1.1 将2个外观形貌检查样坯完全叠在一起，如图6所示，平放在自冲铆接机底模上，保证样坯平面与底模轴向垂直，样坯中心和底模重合，如图7所示。按供需双方商定的铆接参数或参考表2进行铆接，制成外观形貌检查试样。

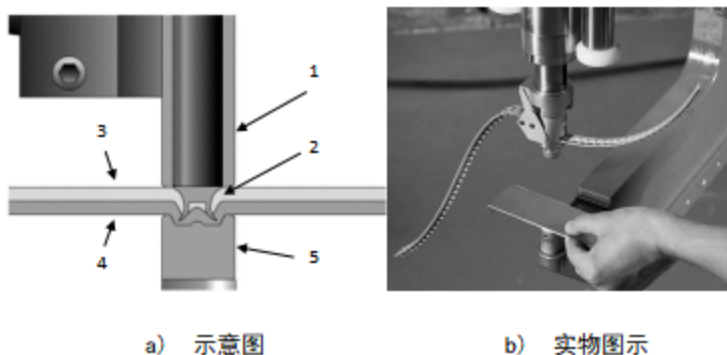
单位为毫米



标引序号说明:

- 1—铆点;  
2—样坯。

图 6 外观形貌检查样坯图示



标引序号说明:

- 1—压头;  
2—铆钉;  
3—上层板;  
4—下层板;  
5—底模。

图 7 外观形貌检查样坯放置图示图

表 2 自冲铆接工艺参数表

牌号	板厚 mm	铆钉直径 mm	铆钉长度 mm	模具内径 mm	模具深度 mm
5XXX	0.9~1.0	3.3	2.5~4.0	5~7	1.0~1.5
	1.0~1.5	5.3	3.5~5.5	6~9	1.2~2.0
6XXX	0.9~1.0	3.3	2.5~4.0	5~7	1.0~1.5
	1.0~1.5	5.3	3.5~5.5	6~9	1.2~2.0

## 7.2.2 剥离试验试样

7.2.2.1 将剥离试验样坯沿长度方向弯折 90°，弯折长度为 50mm，如图 8 所示。

单位为毫米

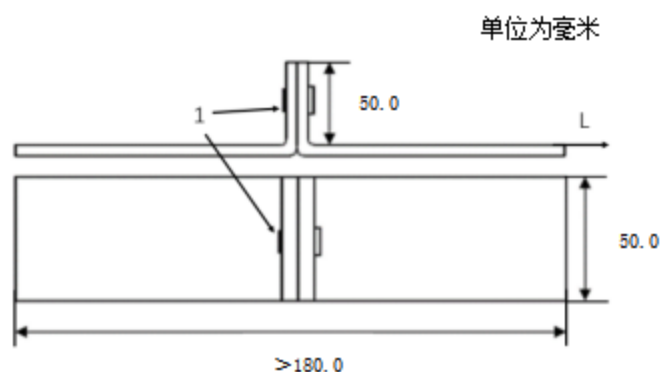


标引序号说明:

L—轧制方向。

图8 剥离试验样坯图示

7.2.2.2 将2个剥离试验样坯短边贴合搭接在一起，并在贴合部位几何中心标记铆点位置，按供需双方商定的铆接参数或参考表2进行铆接，制备成剥离拉伸试验试样（如图9所示），共制备5个。

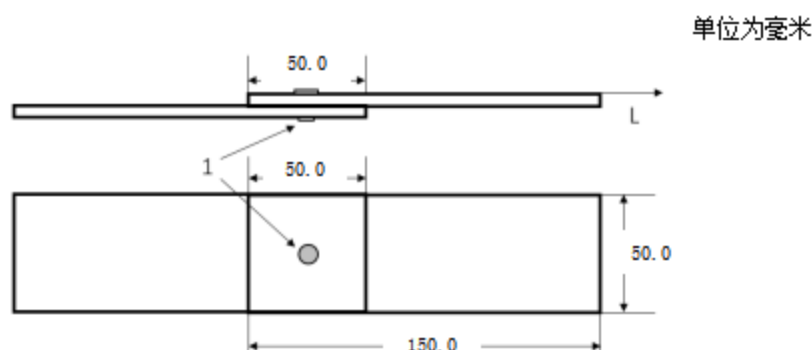


标引序号说明：  
1—铆点；  
L—轧制方向。

图9 剥离试验试样

### 7.2.3 抗剪拉伸试样

将2个抗剪拉伸试验样坯宽度方向对齐、长度方向重合  $50.0\text{mm} \pm 1.0\text{mm}$ （偏差表示到小数点后一位，数值也应该一样）后叠在一起，在上样坯标记铆点位置（铆点位于重合部位的几何中心，如图10所示），按供需双方商定的铆接参数或参考表2进行铆接制备抗剪拉伸试样，共制备5个。



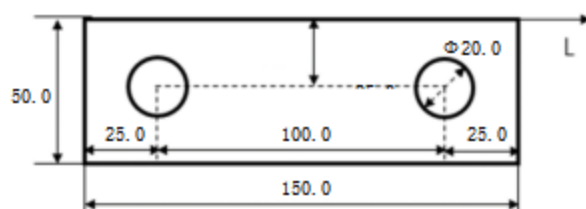
标引序号说明：  
1—铆点；  
L—轧制方向。

图10 抗剪拉伸试验试样

### 7.2.4 十字拉伸试验试样

7.2.4.1 分别在十字拉伸试验样坯长度两端头冲制直径为  $20.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  的圆孔，圆心距长边和短边的距离均为  $25.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ，如图11所示。

单位为毫米

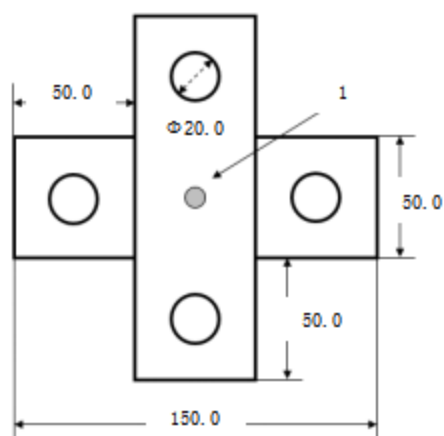


标引序号说明：  
L——轧制方向。

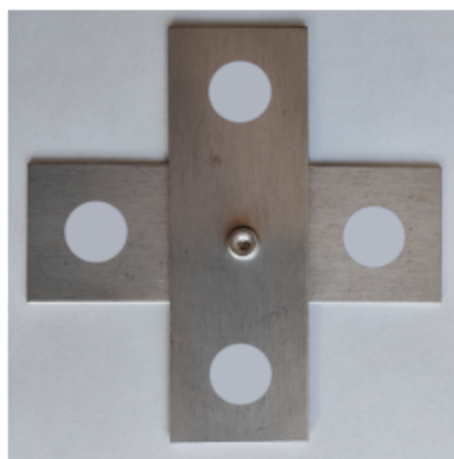
图11 十字拉伸试验样坯图示

7.2.4.2 将2个十字拉伸试验样坯相互垂直放置搭接在一起，使其几何中心重合，并作为铆点进行标记，按供需双方商定的铆接参数或参考表2进行铆接以制备十字拉伸试样（如图12所示），共制备5个。

单位为毫米



a) 示意图



b) 实物图

标引序号说明：  
1——铆点。

图12 十字拉伸试验试样

## 8 试验步骤

### 8.1 形貌检查

8.1.1 目视检查外观形貌试样（7.2.1），铆点应与上层板材平齐，无倾斜、双铆压痕现象；铆接钮扣对称、丰满，无开裂、铆钉穿透现象，如图13所示。

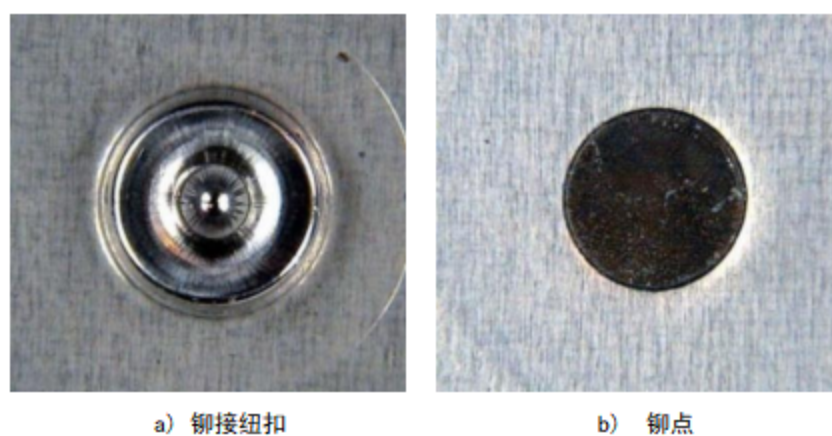
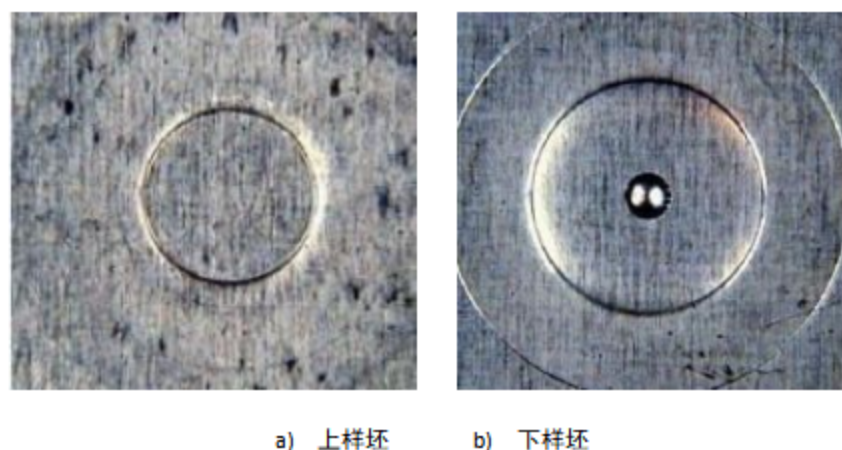


图 13 合格铆接图示

8.1.2 当外观形貌试样出现以下缺陷时，由供需双方重新商定铆钉规格及工艺参数后，重新进行试验。  
 ——空铆：铆接时没有铆钉被压入，如图 14 所示。



注：a)上样坯仅被冲头压出圆形压痕，b)下样坯仅被底模压出压痕，铆钉没有被压入。

图 14 空铆图示

——铆钉侧倾：铆钉未沿垂向进入板材，而是侧向翻倒嵌入，如图 15 所示。

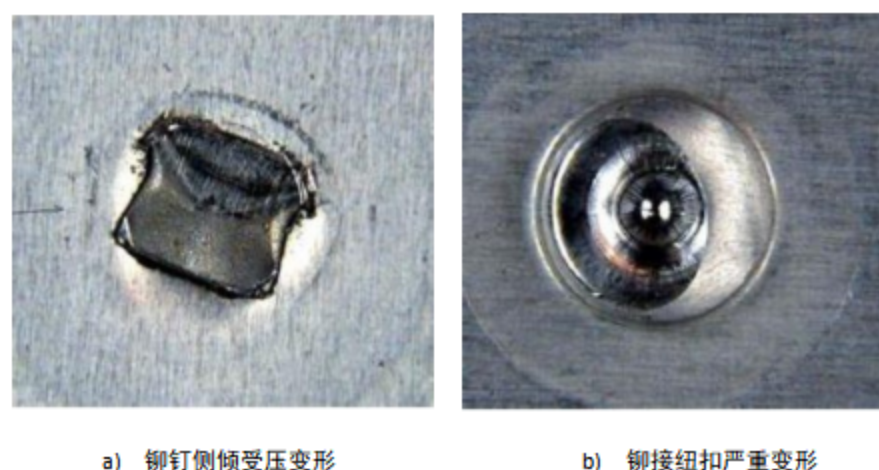


图 15 铆钉侧倾图示

——铆接不饱满，如图 16 所示；



a) 示例一

b) 示例二

图 16 铆接不饱满图示

——铆钉穿透，如图 17 所示；



图 17 铆钉穿透图示

——铆钉及底模侧出现裂纹，如图 18 所示；

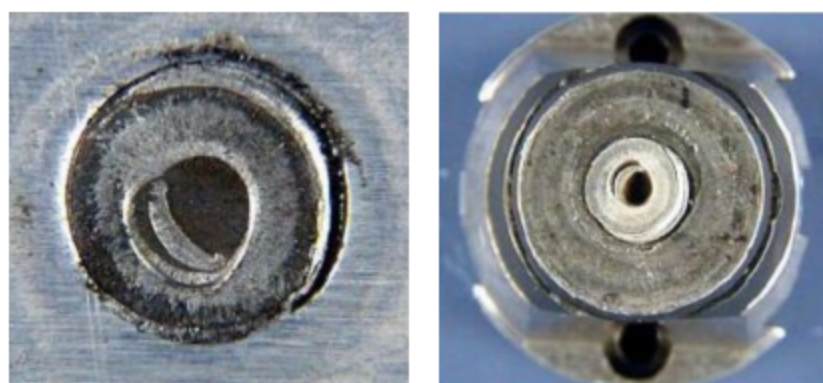


a) 铆钉钉脚出现裂纹

b) 铆接纽扣出现裂纹

图 18 铆接裂纹图示

——铆接重叠：在一个已经铆好的铆钉上，再叠加铆接另一个铆钉，如图 19 所示；



a) 示例一

b) 示例二

图 19 铆接重叠图示

——边缘铆接：铆接在样坯的边缘，如图 20 所示。

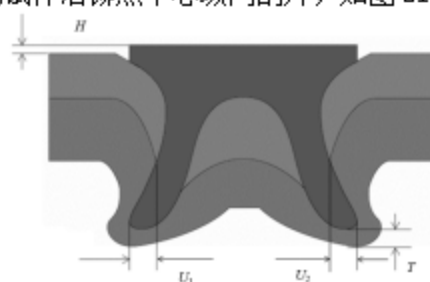


a) 铆接纽扣

b) 铆点

图 20 边缘铆接图示

8.1.3 将外观形貌检查合格的试样沿铆点中心纵向剖开，如图 21 所示。



标引序号说明：

$H$ ——钉头高度，铆钉钉头与上板之间的高度差。

$U_1$ ——左互锁值，铆接完成后，铆钉腿部左外边缘到被铆钉剪断的左上样坯的下边缘点的水平距离；

$U_2$ ——右互锁值，铆接完成后，铆钉腿部右外边缘到被铆钉剪断的右上样坯的下边缘点的水平距离；

$r$ ——底部厚度，铆钉腿部尖端到下样坯底部的距离。

图 21 自冲铆点剖面图示

8.1.4 目视检查剖面形貌，当存在铆钉弯曲、裂纹、铆钉穿透时，由供需双方重新商定铆钉规格及工艺参数后，重新进行试验。

8.1.5 当剖面形貌合格时，采用体视显微镜测量剖面钉头高度、左互锁值、右互锁值、底部厚度，并

计算互锁值均值  $\bar{v}[(v_1+v_2)/2]$  (计算结果表示至小数点后一位, 数值修约按 GB/T 8170 的规定进行)。测量结果应符合表 4 的规定, 否则应由供需双方重新商定铆钉规格或工艺参数后重新制样进行试验。

表3 铆点剖面显微形貌要求

检验项目		测量结果 mm
<i>H</i>		-0.5~0.3
<i>U</i> 、 <i>U</i> <sub>1</sub> 、 <i>U</i> <sub>2</sub>	φ5.3 mm 铆钉	≥0.4
	φ3.3 mm 铆钉	≥0.2
<i>T</i>		≥0.15

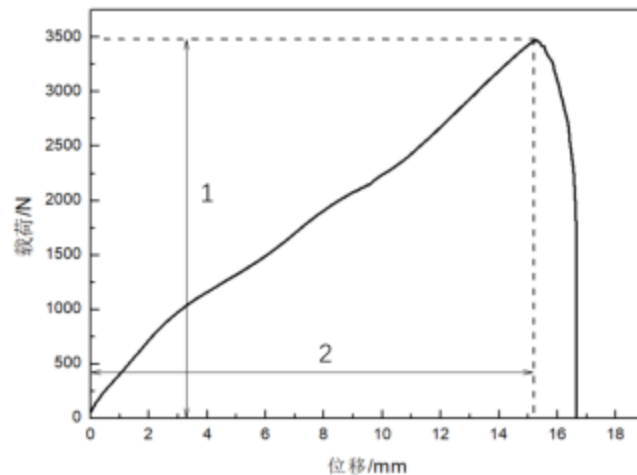
## 8.2 铆接强度试验

### 8.2.1 剥离试验

将剥离试验试样(7.2.2)长边夹持到力学性能试验机上, 夹持长度不小于30mm, 以不超过20mm/min 的拉伸速率进行拉伸, 如图22所示。记录载荷-位移曲线, 并记录最大载荷和最大失效位移(如图23所示)。



图22 剥离拉伸试验示意图



标引序号说明:

- 1—最大失效载荷；  
2—最大失效位移。

图 23 最大失效载荷和位移图示

### 8.2.2 抗剪拉伸试验

将抗剪拉伸试样(7.2.3)夹持到力学性能试验机上,夹持长度不小于 30mm,以不超过 20mm/min 的拉伸速率进行拉伸,如图 20 所示。记录载荷-位移曲线,并记录最大载荷和最大失效位移(如图 20 所示)。



图 24 抗剪拉伸试验示意图

### 8.2.3 十字拉伸试验

用十字拉伸模具螺栓穿过夹具圆孔并拧紧螺母固定十字拉伸试验试样(7.2.4),将模具装到力学性能试验机上,试验机夹住夹持杆,如图 25 所示,以不超过 20mm/min 的拉伸速率进行拉伸。记录载荷-位移曲线,并记录最大载荷和最大失效位移。

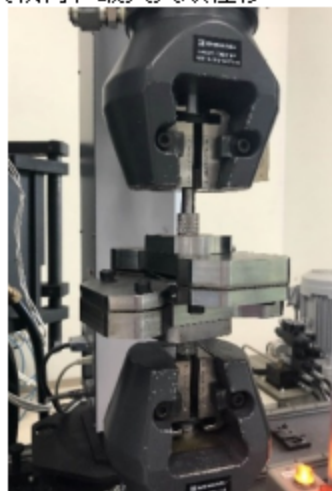


图 25 十字拉伸试验示意图

### 8.2.4 试验有效性判定

计算 5 个试样最大载荷、最大失效位移以及最小载荷、最小失效位移,当最大值与最小值差异大于 20%,或出现以下情况时,判试验无效,补充试样进行试验,直至得到 5 个有效数据。

- 拉伸力发生偏斜。

- 板材非连接点处发生撕裂。
- 板材与夹具打滑。

## 9 结果判定

- 9.1 铆点外观形貌和剖面形貌检查合格时，判定铆接参数适用。
- 9.2 铆接强度测试数据一致性越好，焊接参数适用性越强。

## 10 试验报告

试验报告至少应给出以下几个方面的内容：

- a) 试样牌号、状态；
  - b) 试样批号；
  - c) 本文件编号；
  - d) 试验工艺条件（铆钉直径、模具规格、铆接压力、下压速度）；
  - e) 试验结果（外观形貌和铆点剖面形貌检测结果、抗剪拉伸试验结果、剥离拉伸试验结果和十字拉伸试验结果实测值）；
  - f) 试验中观察到的异常现象；
  - g) 试验日期；
  - h) 试验人员。
-